

**PERANCANGAN SISTEM KONTROL PID UNTUK KELEMBABAN DAN PENCAHAYAAN TANAMAN *DROSERA SESSILIFOLIA* BERBASIS ARDUINO****Sofyan Rahman<sup>1</sup>, Endryansyah<sup>2</sup>, Muhamad Syariffuddien Zuhrie<sup>3</sup>, Puput Wanarti Rusimamto<sup>4</sup>**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

email : [sofyan.19024@mhs.unesa.ac.id](mailto:sofyan.19024@mhs.unesa.ac.id), [endryansyah@unesa.ac.id](mailto:endryansyah@unesa.ac.id), [zuhrie@unesa.ac.id](mailto:zuhrie@unesa.ac.id), [puputwanarti@unesa.ac.id](mailto:puputwanarti@unesa.ac.id)**Abstract**

*Drosera sessilifolia*, also known as Sundew, is a carnivorous plant whose natural habitat possesses specific environmental characteristics, particularly regarding high levels of humidity and lighting. Conventionally, this plant is cared for by placing it outdoors and creating a water pool around it; however, this method results in environmental uncertainty, which can lead to seeding failure or even plant death. This research aims to design an automatic control system to maintain the stability of the plant's humidity and lighting using an Arduino microcontroller with the Proportional-Integral-Derivative (PID) control method. The PID parameter tuning uses the first Ziegler-Nichols method based on the system's open-loop response. The hardware involves a DHT22 sensor, actuators consisting of a DC fan and a mist maker, and LED lights for illumination. The results show that the system successfully maintained a humidity setpoint of 85%. The implementation of the PID controller provided the best dynamic response compared to P and PI controllers, with optimal parameters of  $K_p = 10.8$ ,  $K_i = 0.51$ , and  $K_d = 54$ , producing a stable system response with minimal steady-state error.

**Article History**

Submitted: 5 Februari 2026

Accepted: 8 Februari 2026

Published: 9 Februari 2026

**Key Words***Drosera sessilifolia*, Arduino, PID, Humidity, Ziegler-Nichols, Mist Maker.**Abstrak**

*Drosera sessilifolia*, atau dikenal sebagai Sundew, adalah tanaman karnivora yang habitat aslinya memiliki karakteristik lingkungan spesifik, terutama terkait tingkat kelembaban dan pencahayaan yang tinggi. Secara konvensional, perawatan tanaman ini dilakukan dengan meletakkannya di luar ruangan dan membuat genangan air di sekitarnya, namun metode ini mengakibatkan ketidakpastian kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan kegagalan penyemaian hingga kematian tanaman. Penelitian ini bertujuan merancang sistem kendali otomatis untuk menjaga kestabilan kelembaban dan pencahayaan tanaman menggunakan mikrokontroler Arduino dengan metode kontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID). Metode penentuan parameter PID menggunakan aturan Ziegler-Nichols metode pertama berdasarkan respon *open-loop* sistem. Perangkat keras melibatkan sensor DHT22, aktuator berupa kipas DC dan *mist maker*, serta lampu LED untuk pencahayaan. Hasil penelitian menunjukkan sistem berhasil mempertahankan *setpoint* kelembaban 85%. Implementasi kontroler PID memberikan respon dinamis terbaik dibandingkan kontroler P dan PI, dengan parameter optimal  $K_p = 10,8$ ,  $K_i = 0,51$ , dan  $K_d = 54$ , yang menghasilkan respon sistem yang stabil dengan *error steady state* minimal.

**Sejarah Artikel**

Submitted: 5 Februari 2026

Accepted: 8 Februari 2026

Published: 9 Februari 2026

**Kata Kunci***Drosera sessilifolia*, Arduino, PID, Kelembaban, Ziegler-Nichols, *Mist Maker*.**PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi elektronika dan instrumentasi telah memberikan dampak signifikan pada sektor pertanian dan hobi tanaman hias. Salah satu tanaman yang menarik perhatian penghobi namun memerlukan perawatan khusus adalah *Drosera sessilifolia*. Tanaman ini termasuk dalam genus *Drosera* yang menangkap serangga menggunakan trikomata glandular yang menghasilkan cairan lengket (*mucilage*). Agar *Drosera sessilifolia* dapat tumbuh optimal dan menghasilkan *mucilage*, diperlukan lingkungan dengan kelembaban tinggi dan pencahayaan yang intensif, menyerupai habitat aslinya di tanah berpasir atau rawa .

Secara konvensional, perawatan tanaman ini dilakukan dengan meletakkannya di luar ruangan dan membuat genangan air di sekitarnya. Namun, metode ini mengakibatkan ketidakpastian kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan kegagalan penyemaian hingga kematian tanaman. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali otomatis yang mampu memanipulasi iklim mikro di sekitar tanaman. Penelitian ini mengusulkan penggunaan mikrokontroler Arduino Uno R3 untuk mengendalikan aktuator berupa *mist maker* dan kipas angin guna meregulasi kelembaban, serta lampu LED *grow light* untuk pencahayaan.

Sistem ini menerapkan algoritma kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) untuk menjaga kestabilan kelembaban. PID dipilih karena kemampuannya meminimalkan *error steady-state* dan mempercepat respon transien terhadap gangguan, menjadikannya lebih unggul dibandingkan sistem *on-off* sederhana.

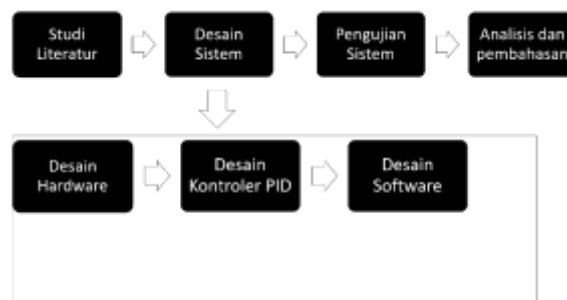
Penelitian terdahulu oleh Ramdhani (2021) mengembangkan sistem pemantauan untuk *Drosera adelae* menggunakan Raspberry Pi dan algoritma *Greedy*, yang berhasil menjaga kelembaban rata-rata 91%. Namun, penelitian tersebut lebih berfokus pada pemantauan. Penelitian lain oleh Rangga & Puput (2018) menerapkan kontrol PID pada kumbung jamur tiram menggunakan Arduino. Penelitian ini membuktikan bahwa PID mampu mencapai dan mempertahankan *setpoint* dengan baik, menghasilkan *steady-state error* yang sangat kecil (0,112%).

Berdasarkan literatur tersebut, penelitian ini berfokus pada penerapan kontrol PID spesifik untuk *Drosera sessilifolia* dengan penentuan parameter (*tuning*) menggunakan metode Ziegler-Nichols kurva reaksi (metode pertama), umumnya mampu melakukan pemantauan tingkat kebisingan secara daring dan menampilkan data hasil pengukuran. Namun, sebagian penelitian masih berfokus pada fungsi monitoring tanpa dilengkapi mekanisme peringatan otomatis dan penyimpanan data historis yang terintegrasi secara optimal. Selain itu, akurasi dan respons sistem terhadap perubahan tingkat kebisingan sering kali belum dievaluasi secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini menekankan integrasi pemantauan kebisingan secara real-time, alarm otomatis, serta evaluasi kinerja sistem melalui pengujian akurasi dan waktu respon guna mendukung pengelolaan zona belajar yang lebih efektif dan berbasis data.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Sistem dirancang sebagai sistem tertutup (*closed-loop*) di mana sensor DHT22 memberikan umpan balik (*feedback*) ke Arduino Uno R3. Arduino memproses data menggunakan algoritma PID dan mengirimkan sinyal PWM ke MOSFET IRLZ44N untuk mengatur kecepatan kipas DC dan mengaktifkan *mist maker*.

Tahapan perancangan penelitian ini secara garis besar akan dijelaskan menurut gambar 1.1

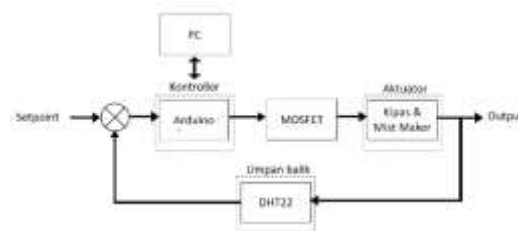


Gambar 1. Prosedur Penelitian

Dari rancangan penelitian yang sudah di ilustrasikan pada gambar 3.1, maka prosedur penelitian akan dipaparkan sebagai berikut:

1. Studi literatur

2. Desain sistem, yang meliputi desain hardware, pemodelan dan identifikasi sistem, desain kontroler PID, dan desain software
3. Pengujian sistem
4. Analisis dan pembahasan

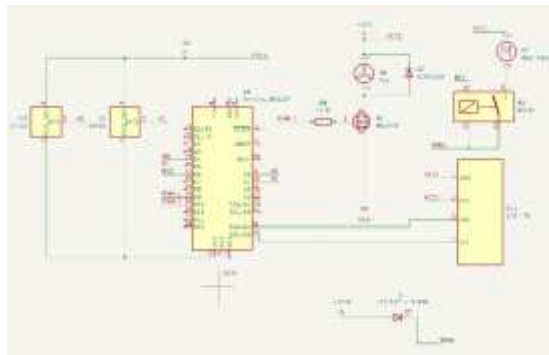


Gambar 2. Diagram Blok Sistem Kendali Kelembaban

Gambar 2 mengilustrasikan desain dari sistem kendali secara keseluruhan. Jika dilihat dari referensi gambar 3.2 maka desain sistem terbagi menjadi 2 bagian utama, yaitu perangkat keras (Hardware) dan perangkat lunak (Software).

Bagian desain hardware akan meliputi perangkat keras yang dalam penelitian ini adalah mikrokontroler yaitu Arduino UNO R3 sebagai bagian utama untuk mengontrol sistem secara keseluruhan, sensor yaitu DHT22, MOSFET, sumber pencahayaan yaitu LED, serta power supply *Switching* atau juga dikenal di Indonesia dengan power supply jaring.

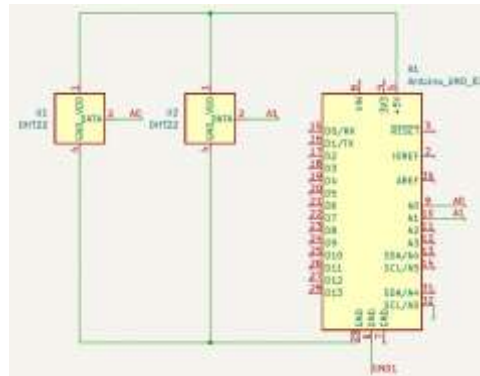
Sedangkan bagian desain software meliputi software yang diprogram menggunakan Arduino IDE untuk mengontrol sistem secara keseluruhan.



Gambar 3. Skema sistem menggunakan program Kicad

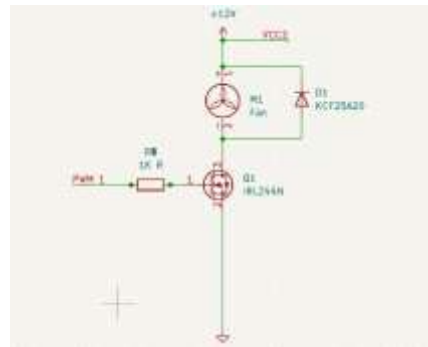
Jika dilihat dari skema pada gambar 3, desain sistem dapat dibagi menjadi 4 blok, yaitu: perancangan sensor DHT22, perancangan driver untuk kipas dan Mist Maker, perancangan LCD, serta perancangan sistem pencahayaan. Namun, ada satu lagi bagian *Hardware* yang perlu dirancang desainya meskipun tidak tercantum pada skema, yaitu mendesain *plant* sebagai tempat untuk seluruh hardware.

Kemudian, berdasarkan skema keseluruhan, skema sistem dapat dibagi menjadi 3 skema berbeda, yaitu skema sensor, Skema driver, dan Skema LCD.



Gambar 4. Skema Sensor

Gambar 4 adalah skema dari 2 sesor DHT22 yang terhubung dengan Arduino. Dalam sistem, digunakan 2 sensor DHT22 yang berfungsi untuk menerima input data suhu dan Kelembaban pada tanaman Drosera Sessilifolia. Kedua sensor tersebut akan dihubungkan melalui pin A0 dan A1 untuk dapat mentransfer data ke Arduino.

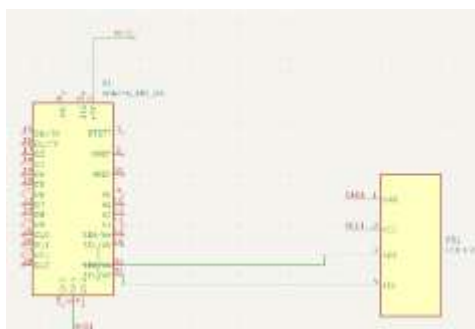


Gambar 5. Skema Driver

Gambar 5 menunjukkan skema driver pada sistem. Dalam sistem, bagian ini berfungsi untuk mengontrol kipas berdasarkan hasil PID yang diterima melalui pin PWM Arduino. Sistem ini akan mengontrol Kelembaban pada tanaman Drosera Sessilifolia agar sesuai dengan tujuan Kelembaban yang sudah diatur melalui *setpoint* yang ditentukan.

dua komponen utama dari rangkaian ini adalah MOSFET dan *flyback diode*. MOSFET akan bekerja sebagai pengontrol berdasarkan sinyal PWM, sedangkan *flyback diode* berfungsi untuk melindungi rangkaian dari arus balik yang mungkin terjadi. Cara kerja dari rangkaian ini adalah ketika Kelembaban yang terdeteksi oleh sensor DHT22 berada dibawah setpoint yang ditentukan, maka Kipas DC akan menyala sesuai dengan sinyal PWM yang dibuat oleh arduino. Kipas DC ini berfungsi untuk menghembuskan ‘kabut’ yang dibuat oleh Mist Maker untuk meratakan Kelembaban dalam lingkungan drosera sessilifolia. Kecepatan dari kipas DC ini bergantung dari sinyal PWM yang berasal dari proses PID yang diproses oleh Arduino.





Gambar 6. Skema LCD

LCD ini berfungsi untuk menampilkan nilai temperatur dan Kelembaban yang diterima oleh sensor DHT22. LCD yang digunakan adalah LCD yang sudah terintegrasi dengan modul L2C untuk mengurangi jumlah kabel yang terhubung pada Arduino.

Gambar 6 adalah skema dari desain bagian LCD dalam sistem. bisa dilihat bahwa LCD L2C hanya memerlukan sambungan pin jauh lebih sedikit dibandingkan dengan LCD konvensional. Selain pin untuk tegangan dan grounding, LCD ini hanya perlu 2 pin lain yang disambungkan yaitu pin SDA dan pin SCL

Kontroler pada sistem menggunakan PID sebagai kontroller. Kontroler PID sendiri terdiri dari tiga komponen: Proporsional (P), Integral (I), dan Derivatif (D).

Fungsi alih kontroler PID dinyatakan sebagai:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

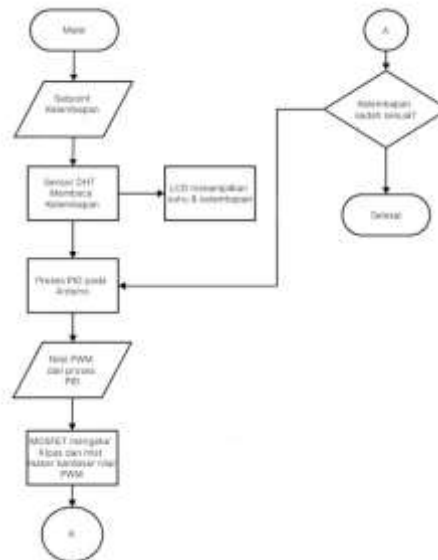
Keterangan :

$K_p$ : Penguatan Proporsional

$K_I$ : Penguatan Integral

$K_D$ : Penguatan Derivatif

$G_c(s)$ : Fungsi alih dari *plant*



Gambar 7. Flowchart rancangan Software

Gambar 7 adalah gambaran umum penjalanan program, dimana proses akan dimulai dari mengatur nilai Kelembaban yang diinginkan (*Setpoint*), Kemudian sensor DHT22 akan membaca Kelembaban pada *plant* dan data Kelembaban tersebut akan dibandingkan dengan *setpoint* yang barusan sudah diatur pada Arduino. Saat data mengenai suhu & Kelembaban sudah terbaca, kedua data tersebut akan ditampilkan melalui layar LCD yang terhubung dengan Arduino. Kemudian, data *setpoint* dan Kelembaban akan diproses oleh proses PID pada Arduino untuk menghasilkan nilai PWM yang akan digunakan untuk mengendalikan kecepatan perputaran kipas yang akan menghembuskan kabut air yang dihasilkan oleh *mist maker*. alat *mist maker* juga akan dinyalakan menurut *setpoint* Kelembaban yang diterima, jika kondisi Kelembaban berada dibawah *setpoint*, maka alat *mist maker* akan menyala.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan alat penjaga kelembaban dan pencahayaan tanaman drosera sessilifolia terbuat dari 3 kotak kayu yang memiliki fungsi terpisah. Berikut ini adalah hasil rancangan secara keseluruhan:



Gambar 8 Hasil rancangan secara keseluruhan

Pada kotak kayu utama, terdapat dua sensor DHT22 yang digunakan untuk mendeteksi kelembapan dan suhu dalam *plant*, serta berperan sebagai inout yang menjadi acuan dalam

kerja sistem secara keseluruhan. Di kotak kayu ini juga diletakkan lampu LED sebagai sumber pencahayaan untuk tanaman *drosera sessilifolia*.

Kemudian, disebelah kotak utama terdapat kotak kayu lain yang digunakan sebagai tempat untuk seluruh perangkat elektronik pada sistem. Dalam kotak kayu ini, terdapat hampir seluruh komponen sisten diantaranya Arduino Uno dan komponen-komponen lainnya seperti modul mosfet, mini-breadboard, relay, dan kabel-kabel yang tersambung ke semua perangkat sistem secara keseluruhan.

Dalam sistem ini, digunakan kontroler PID yang memiliki parameter berdasarkan aturan tabel parameter Ziegler-Nicols metode pertama. Untuk perhitungan secara jelasnya adalah seperti pada tabel berikut:

Tipe Kontroller	$K_p$	$\tau_i$	$\tau_d$
P	$T / L$	0	0
PI	$0,9 T / L$	$L / 0,3$	0
PID	$1,2 T / L$	$2 L$	$0,5 L$

Berdasarkan tabel, maka nilai parameter untuk setiap metode kontrol Adalah sebagai berikut:

1. Parameter kontroller P

$$\begin{aligned} K_p &= T / L \\ K_p &= 90 / 10 \\ K_p &= 9 \end{aligned}$$

2. Parameter kontroller PI

$$\begin{aligned} K_p &= 0,9 T / L \\ K_p &= 0,9 (90 / 10) \\ K_p &= 8,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_i &= L / 0,3 \\ \tau_i &= 10 / 33,33 \end{aligned}$$

3. Parameter kontroller PID

$$\begin{aligned} K_p &= 1,2 T / L \\ K_p &= 1,2 (90 / 10) \\ K_p &= 10,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_i &= 2L \\ \tau_i &= 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_d &= 0,5 L \\ \tau_d &= 5 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai  $K_p, T_i, T_d$  Kemudian nilai  $T_i$  dan  $T_d$  perlu diubah terlebih dahulu untuk dapat diimplementasi dalam program arduino menggunakan rumus sebagai berikut

$$\begin{aligned} K_i &= K_p / T_i \\ K_d &= K_p \times T_d \end{aligned}$$

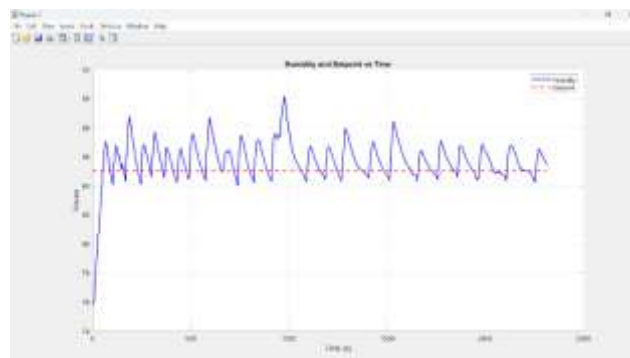
Untuk PID, parameter yang didapatkan adalah sebagai berikut.

$$K_i = K_p / T_i = 10.8 / 20 = 0.51$$

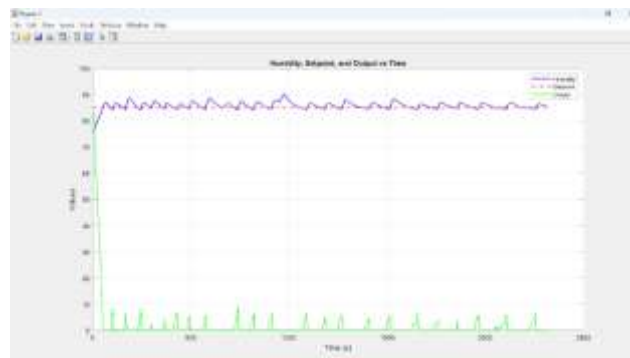
$$K_d = K_v \times T_d = 10.8 \times 5 = 54$$

Kemudian, nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  akan dimasukkan ke program arduino yang sudah didesain. Selanjutnya, akan dilakukan pengujian dengan nilai-nilai tersebut pada tiga metode kontrol yang berbeda, yaitu metode kontrol P, PI, dan PID.

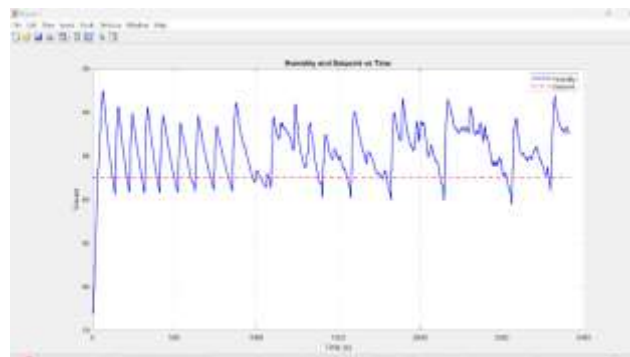
Gambar 9 hingga gambar 14 merupakan hasil dari pengujian sistem menggunakan tiga metode kontrol yang berbeda. yaitu, metode kontrol P, PI, dan PID dengan menggunakan nilai *set point* sebesar 85.



Gambar 9 Respon sistem menggunakan kontroler P

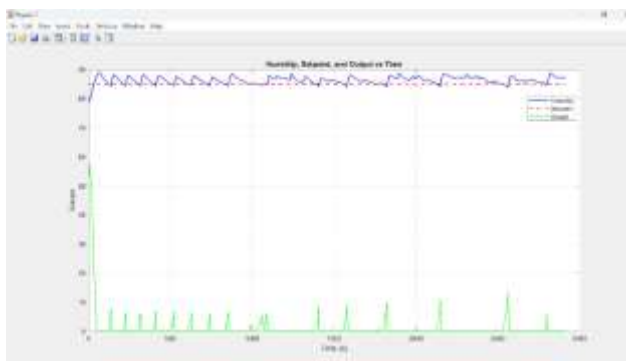


Gambar 10 Respon sistem menggunakan kontroler P

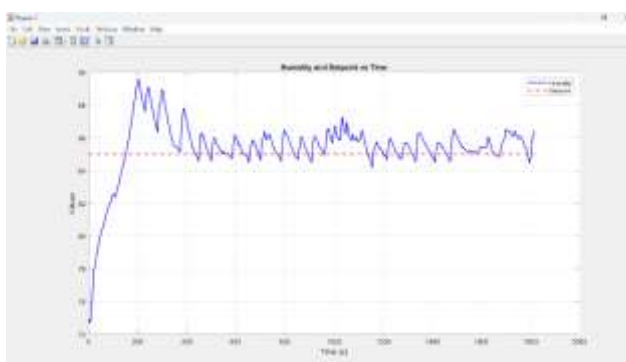


Gambar 11 Respon sistem menggunakan kontroler PI

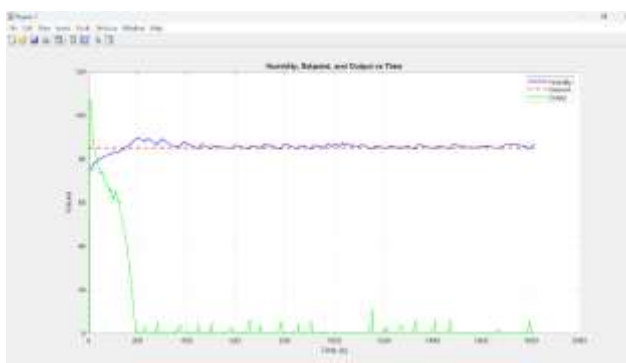




Gambar 12 Respon sistem menggunakan kontroler PI



Gambar 13 Respon sistem menggunakan kontroler PID



Gambar 14 Respon sistem menggunakan kontroler PID

Dari data percobaan, didapatkan data berupa  $\tau_r$  (*Rise Time*),  $\tau_s$  (*Settling Time*),  $\tau_p$  (*peak time*),  $M_p$  (*Maximum Overshoot*) sebagai berikut:

1. Metode kontrol P

$$\text{Rise time } (\tau_r \text{ 10\% - 90\%}) = t_{90\%} - t_{10\%}$$

$$= 48 - 10 = 18 \text{ s}$$

$$\text{Settling time } (\tau_s \text{ 5\%}) = 91 \text{ s}$$

$$M_p (\text{Maximum Overshoot}) = 90.12$$

$$\tau_p (\text{peak time}) = 974 \text{ s}$$

2. Metode kontrol PI

$$\text{Rise time } (\tau_r \text{ 10\% - 90\%}) = t_{90\%} - t_{10\%}$$

$$= 29 - 8 = 21 \text{ s}$$

$$\text{Settling time } (\tau_s \text{ 5\%}) = 125 \text{ s}$$

$$M_p(\text{Maximum Overshoot}) = 88.98$$

$$\tau_p(\text{peak time}) = 67 \text{ s}$$

### 3. Metode kontrol PID

$$\text{Rise time } (\tau_r \text{ 10\% - 90\%}) = t_{90\%} - t_{10\%}$$

$$= 135 - 15 = 120 \text{ s}$$

$$\text{Settling time } (\tau_s \text{ 5\%}) = 440 \text{ s}$$

$$M_p(\text{Maximum Overshoot}) = 89.57$$

$$\tau_p(\text{peak time}) = 202 \text{ s}$$

Berikut ini akan dibandingkan perbedaan hasil antara ketiga metode kontrol yang sudah dilakukan.

Pertama, dari settling time ( $\tau_s$ ) yang ditemukan.

Metode kontrol P mempunyai settling time sebesar 91 detik.

Kemudian, untuk metode kontrol PI mempunyai settling time sebesar 125 detik.

Dan terakhir, metode kontrol PID memiliki settling time sebesar 440.

Berdasarkan dari respon sistem, ditemukan bahwa hasil dari metode kontrol P dan PI akan beresilasi di sekitar nilai setpoint 85. Nilai yang didapatkan dari sensor menunjukkan fluktuasi sekitar 88 hingga 84, atau deviasi kurang lebih  $\pm 3\%$  terhadap nilai kelembaban yang diinginkan.

Berbeda dengan kedua metode tersebut, kontrol PID menghasilkan rentang fluktuasi yang lebih kecil, yaitu berada antara 86 hingga 84,5. Hal ini menunjukkan bahwa overshoot berkurang dan karakteristik redaman sistem menjadi lebih baik. Penambahan aksi turunan (derivatif) membantu mempercepat proses koreksi kesalahan sekaligus menekan osilasi, sehingga keluaran lebih stabil dan berada lebih dekat dengan nilai setpoint.

Kemudian dalam metode kontrol PID, sistem memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai settling time dikarenakan lonjakan output awal yang disebabkan oleh bagian metode kontrol derivatif.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan dari data yang telah didapatkan, serta analisa hasil percobaan yang ada, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dilakukan perancangan dan pembuatan sistem kontrol kelembaban untuk tanaman *Drosera sessilifolia* menggunakan kontroler PID, dan sistem mampu mengikuti setpoint yang telah ditentukan.
2. Implementasi kontroler PID pada sistem ini menunjukkan respon dinamis terbaik ketika parameter PID ditetapkan sebesar  $K_p = 10,8$ ,  $K_i = 0,51$ ,  $K_d = 54$ .

### Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa saran untuk pengembangan sistem agar kinerjanya lebih optimal adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan sensor dengan tingkat akurasi dan presisi yang lebih tinggi, misalnya sensor SHT45.
2. Menerapkan sistem kendali yang terpisah untuk mengatur kelembaban dan suhu secara bersamaan dengan setpoint yang berbeda
3. Mengaplikasikan sistem IoT (*Internet of things*) agar sistem kendali dapat dipantau serta dikontrol secara jarak jauh dengan lebih mudah.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abacantodigital. 2018. “DC SERVO TRAINER ED-4400B”.(Online). <http://www.abacantodigital.com/>, diakses 31 Oktober 2018.
- A. W. Dani and Aldila. 2018. “Rancang Bangun Sistem Pengairan Tanaman Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah”. J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana, 2017.
- Boylestad. 2003. “*Introductory Circuit Analysis, Tenth edition*”. Prentice Hall Pearson Education International.
- Kasiram, Moh. 2008. “*Metodologi Penelitian*”. Malang: UIN Malang.
- Kagawa, Takaaki. 2017. “*Drosera of Japan*”.
- Lee, Hye-Jin dan In-Sun Kim, 2009. “*Development of the Glandular Trichomes in Trapping Leaves of Drosera Species*”. Korean Society of Microscopy: Applied Microscopy.
- M. Walidain, I.D. Sara, dan M. Syukri. 2018. “*erancangan Sistem Penerangan LED sebagai Sumber Cahaya pada Pengujian Modul Surya*”. Jurnal komputer, Informasi Teknologi dan Elektro, Vol. 3, No. 2.
- Nise, S. Norman. 2019. “*Control Systems Engineering Eight Edition*”. Hoboken, NJ: Wiley, 2019.
- Ogata, Katsuhiko. 2010. “*Modern Control Engineering fifth edition*”. New York: Prentice-Hall, Inc.
- Oguntoyinbo, Oludayo John. 2009. “*PID Control of Brushless DC Motor and Robot Trajectory Planning and Simulation With Matlab/Simulink*”. Vasa Yrkeshogskoa : University of Applied Sciences.
- Rivadavia, Fernando. 1996. “*Rediscovery of a very 'rare' Utricularia in Brazil*”. Carnivorous Plant Newsletter, vol. 25, no.1, 1996.
- Richard C. Dorf & Robert H. Bishop. 2022. “*Modern Control Systems Fourteenth Edition*”. Harlow: Pearson Education Limited.
- M. Walidain, I.D. Sara, dan M. Syukri. 2018. “*erancangan Sistem Penerangan LED sebagai Sumber Cahaya pada Pengujian Modul Surya*”. Jurnal komputer, Informasi Teknologi dan Elektro, Vol. 3, No. 2.
- Surya, Ranga Arif Tri & Puput Wanarti Rusimamto, 2018. “*Rancang Bangun Sistem Kontrol Kelembaban Pada Miniatur Kumbung Jamur Tiram Menggunakan Kontroler PID*”. JTE, vol. 7, no. 3, Aug. 2018.
- Wicaksana, Lambang Gusti. 2017. “*Pengontrol Kipas Angin Menggunakan Metoda Pwm (Bagian Perangkat Keras)*”. Bandung: Universitas Telkom.
- Wijaya, Muhammad Riefqi. 2024. “*Rancang bangun alat ukur tinggi dan berat badan berbasis Internet Of Things (IoT)*”. Bandung: UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Zhang, J., dkk. 2004 “*A developed method of tuning PID controllers with fuzzy rules for integrating process*”. Boston: Proceedings of the American Control Conference..
- Zhao, Jian, dan Yu, Yangwei. 2011. “*Brushless DC Motor Fundamentals*”. MPS : The Future of Analog IC Technology.